

**Овчинніков О.О.**Хмельницький національний університет,  
м. Хмельницький, Україна**ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ЗАЧЕПЛЕННЯ ЗУБЦІВ ПАСА І ШКІВА  
ТРАПЕЦІЄДНОГО ПРОФІЛЮ**

В процесі роботи зубчасто-пасової передачі однойменні спряжені профілі зубців шківа і паса знаходяться в контакті. Для плавної роботи передачі цей контакт повинен бути безперервним і для площинного зачеплення він відбувається в точки торкання (контакту) профілів зубців паса і шківа. Однією з основних характеристик зачеплення зубців є лінія зачеплення, яка характеризує положення точки контакту зубців. Точка контакту в процесі роботи передачі весь час переміщується по лінії, яка має назву лінія зачеплення. Лінія зачеплення поділяється на дві ділянки: теоретична (де міг би відбуватися контакт зубців) і дійсна (де відбувається контакт зубців). Плавний характер лінії зачеплення забезпечує надійну роботу зубчасто – пасової передачі.

Дослідженню впливу характеристики зачеплення на роботу передачі присвячені роботи [1, 2, 3]. В даних роботах автори роблять спробу компенсувати недоліки зачеплення за рахунок вводу поправок на геометричні розміри шківа, але це ускладнює виготовлення шківа і, крім того, не впливає на характер зачеплення і на довговічність передачі. Крім того, всі дослідження відносяться до конкретних умов роботи передачі, що не дозволяє використовувати результати дослідження для інших умов роботи.

Таким чином, для поліпшення роботи передачі необхідно мати можливість визначати характеристику зачеплення зубців паса та шківа в залежності від геометричних параметрів зубців шківа і за рахунок їх зміння впливати на характер роботи зубчасто – пасової передачі.

Для рішення поставленої задачі знайдемо рівняння лінії зачеплення трапецієдного профілю зубців для двох умов: коли відомий профіль зубців шківа і коли відомий профіль зубців паса. Знаходимо рівняння основних параметрів, що визначають рівняння лінії зачеплення. Для цього на основанні матеріалів роботи [4] визначаємо формули переходу від допоміжних геометричних параметрів до основних параметрів для випадків: коли відомий профіль зубців шківа ( рівняння 1) і коли відомий профіль зубців паса ( рівняння 2).

$$\left. \begin{aligned} X_p &= X_0 \cos \varphi_2 + Y_0 \sin \varphi_2 \\ Y_p &= R_0 - Y_0 \cos \varphi_2 + X_0 \sin \varphi_2 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} X_p &= X_1 + W \\ Y_p &= Y_1 + \delta_0 \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Параметри, що входять в математичні вирази(1, 2), визначені в роботі [4] і дорівнюють:

$$\left. \begin{aligned} X_0 &= (R_0 - \delta_0) \sin \beta \frac{\cos \gamma - \cos(\varphi_2 - \gamma)}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + h_2 \sin \beta \frac{\cos(\varphi_2 - \gamma) - 1/b}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + 0,5S_2 \frac{\cos \beta \cos(\varphi_2 - \gamma)}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)}, \\ Y_0 &= (R_0 - \delta_0) \frac{\cos \gamma \cos \beta - \sin(\varphi_2 - \gamma) \sin \beta}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + h_2 \frac{\sin \beta \sin(\varphi_2 - \gamma) - (1/b) \cos \beta}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + \\ &+ 0,5S_2 \frac{\cos \beta \sin(\varphi_2 - \gamma)}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= X_1' \sin(\beta + \gamma) / \sin \beta; \\ Y_1 &= (R_0 - \delta_0) \frac{\sin(\varphi_2 + \beta) - \sin \beta}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} \sin \gamma + h_1 \frac{b \sin \beta \sin \gamma + \cos(\varphi_2 + \beta)}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + X_1' \frac{\cos \beta \sin \gamma}{a \cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

За допомогою рівнянь (1, 2, 3, 4) знаходимо математичні вирази для параметрів  $X_p$  і  $Y_p$ , які визначають характеристику зачеплення зубців паса і шків для випадків: коли відомий профіль зубців шківів, рівняння (5) і коли відомий профіль зубців паса, рівняння (6):

$$Y_p = R_d \sin \gamma \frac{\sin(\varphi_2 + \beta) - \sin \beta}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + h_2 \frac{(1/b) \cos(\varphi_2 + \beta) + \sin \beta \sin \gamma}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + 0,5S_2 \frac{\cos \beta \sin \gamma}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + \left. \delta_0 \frac{\cos \gamma \cos(\varphi_2 + \beta) + \sin \gamma \sin \beta}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} \right\} \quad (5)$$

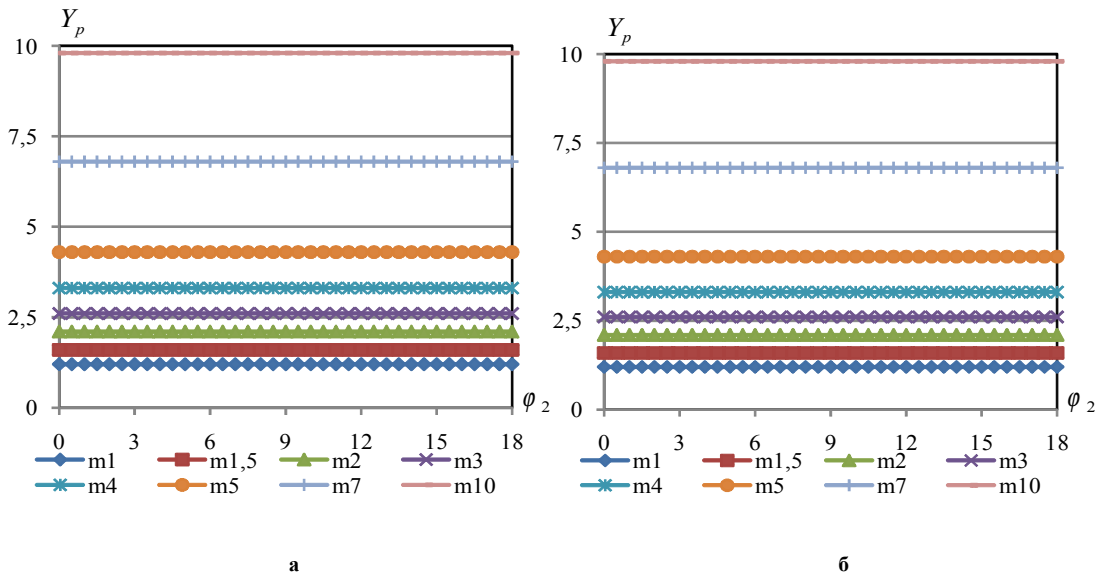


Рис. 1 – Лінія зачеплення трапецієдного профілю зубців ( $\gamma = 0$  рад.):  
а – відомий профіль зубців паса;  
б – відомий профіль зубців шківів

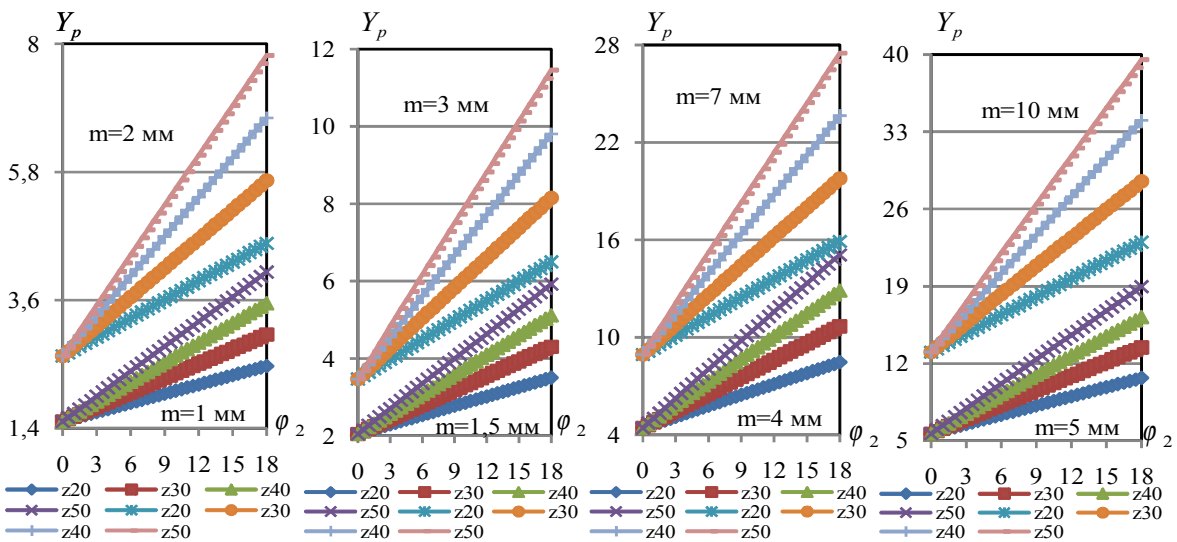


Рис. 2 – Лінія зачеплення трапецієдного профілю зубців (відомий профіль зубців паса  $\gamma = 0,4$  рад.)

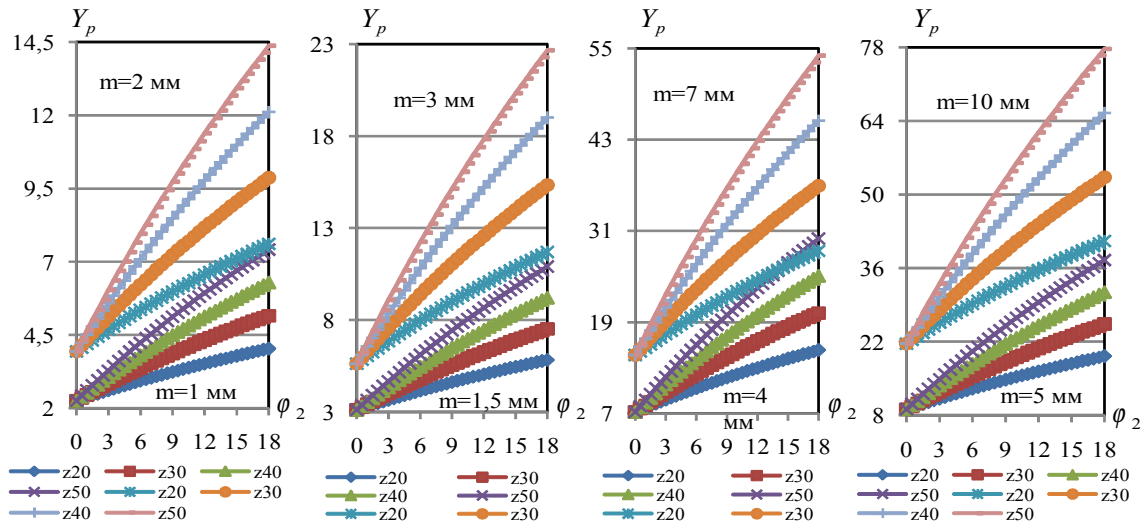


Рис. 3 – Лінія зацеплення трапецієдного профілю зубців  
(відомий профіль зубців паса  $\gamma=1$  рад.)

$$X_p = \left. \left( (R_o - \delta_o) \cos \gamma \frac{\sin(\varphi_2 + \beta) - \sin \beta}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + h_2 \frac{\sin \beta \cos \gamma - (1/b) \sin(\varphi_2 + \beta)}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + 0,5 S_2 \frac{\cos \beta \cos \gamma}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} \right) \right\} (5)$$

$$\left. \begin{aligned} X_p &= \left( (R_o - \delta_o) \cos \gamma \frac{\sin(\varphi_2 + \beta) - \sin \beta}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + h_1 \frac{b \sin \beta \cos \gamma - \sin(\varphi_2 + \beta)}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + 0,5 S_1 \frac{\cos \beta \cos \gamma}{a \cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} \right) \\ Y_p &= R_o \sin \gamma \frac{\sin(\varphi_2 + \beta) - \sin \beta}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + h_1 \frac{\cos(\varphi_2 + \beta) + b \sin \beta \sin \gamma}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + 0,5 S_1 \frac{\cos \beta \sin \gamma}{a \cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)} + \\ &+ \delta_o \frac{\cos \gamma \cos(\varphi_2 + \beta) + \sin \gamma \sin \beta}{\cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)}. \end{aligned} \right\} (6)$$

де  $h_1, h_2$  – висота, глибина западини зубців паса та зубців шківа, відповідно;

$m, z_2, R_o = 0,5 m z_2, \delta_o, \varphi_2, \alpha = \pi / z_2$  – модуль, кількість зубців шківа, дільний радіус шківа, відстань від ніжки зубця паса до середини корду, кут оберту шківа, половина центрального кута, відповідно;

$\gamma, \beta$  – кут нахилу гилок паса і кут профілю зубців паса і западини шківа, відповідно;

$W$  – переміщення зубця паса при оберті шківа на довільний кут  $\varphi_2$ , згідно роботи [4] дорівнює  
 $W = \left\{ (R_o - \delta_o) [\sin(\varphi_2 + \beta) - \sin \beta] \cos \gamma + h_1 [b \sin \beta \cos \gamma - \sin(\varphi_2 + \beta)] \right\} / \cos(\varphi_2 + \beta - \gamma) +$   
 $+ 0,5 S_1 \left\{ [\cos \gamma \cos \beta / a \cos(\varphi_2 + \beta - \gamma)] - \sin(\beta + \gamma) / \sin \beta \right\};$

$a, b$  – додаткові коефіцієнти, які залежать від модуля передачі [4].

Таблиця 1

**Значення додаткових коефіцієнтів**

$m$ , мм	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	Запропоноване значення
$a = S_1 / S_2$	1	1	1	1	1,1	1,042	1,067	1,043	1,03
$b = h_2 / h_1$	1,625	1,5	1,467	1,5	1,6	1,429	1,417	1,389	1,5

Для визначення закономірностей характеристики зачеплення зубців паса та шків, за допомогою математичних залежностей (5, 6), будемо графічні залежності основних геометричних параметрів  $X_p$  і  $Y_p$  від кута оберту шків ( $X_p = f(\varphi_2), Y_p = f(\varphi_2)$ ). При побудові графічних залежностей задаємося параметрами передачі, тобто кутом нахилу гилок паса, модулем, кількістю зубців шків, глибиною западини і висотою зубця, кутом оберту шків, який є змінною величиною і знаходимо параметри  $X_p$  і  $Y_p$ . Одержані графічні залежності надаються на рис. 1, рис. 2, рис. 3 для наступних параметрів зубчато – пасової передачі: модулі  $m = 1, 1,5, 2, 3, 4, 5, 7, 10$  мм, кути нахилу передачі  $\gamma = 0, 0,4, 1$  рад., кількість зубців шків  $z_2 = 20, 30, 40, 50$ . Аналізуючи одержані графічні залежності було виявлено:

- 1) лінії зачеплення уявляють собою прямі лінії і тільки починаючи з кута нахилу  $\gamma = 1$  рад. лінії зачеплення мають невеличку кривизну, яка збільшується при зростанні кута нахилу передачі;
- 2) лінії зачеплення нахилені до осі абсцис, причому кут нахилу до осі абсцис збільшується в залежності від зростання кількості зубців шків;
- 3) лінії зачеплення, для одного значення модуля, починаються з однієї точки незалежно від кількості зубців шків;
- 4) зі збільшенням модуля величина значення точці початку лінії зачеплення по осі ординат зростає;
- 5) зі збільшенням кута нахилу передачі величина значення точці початку лінії зачеплення по осі ординат зростає передачі;
- 6) характер лінії зачеплення не залежить від того, який елемент є відомим.

Таким чином, в результаті проведеного дослідження одержані математичні залежності для визначення характеристик зачеплення зубців паса і шків, а також проведений графічний аналіз характеристик зачеплення зубців паса і шків.

### Література

1. Воробьёв И.И. Ременные передачи. – М.: Машиностроение, 1979. – 163 с.
2. Арбузов М.О. Выбор оптимального профиля зуба ремня в плоскозубчатой передаче с точки зрения облегчения входа его в зацепление с зубом шкива. – В кн.: Механические передачи (цепные с зубчатым ремнем). – М.: НИИ МАШ, 1971. – С. 152-160.
3. Погребняк А.П. Геометрия зацепления зубчатых ременных передач. – Теория механизмов и машин, 1979. – Вып. 27. – С. 88-92.
4. Овчинников О.О. Визначення спряженого профілю зубців паса. – Вісник Хмельницького національного університету, Хмельницький, 2008, №5. – С. 137-140.

Надійшла 05.10.2009